

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11000863 A**(43) Date of publication of application: **06.01.99**

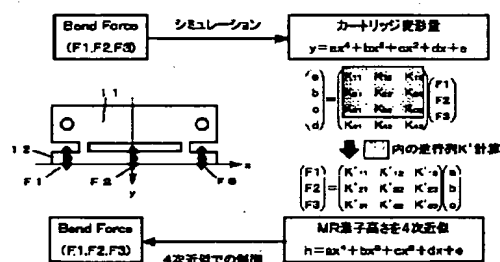
(51) Int. Cl.

**B24B 49/10****B24B 37/00****G11B 5/39**(21) Application number: **09154692**(22) Date of filing: **12.06.97**(71) Applicant: **HITACHI METALS LTD**(72) Inventor: **BABA TOSHIYUKI  
SUZUKI KAZUO****(54) METHOD FOR CONTROLLING MACHINING OF  
MAGNETIC HEAD****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To correct the curve of a bar more quickly by multiplying a factor showing the curved form of a beam of a several-order polynomial measured in machining and calculated on the basis of a plurality of element heights by an inverse matrix to calculate a load for correcting the curve, calculating a load for correcting the inclination, and acting it to a machining jig.

**SOLUTION:** A deformation quantity (y) of a beam 12 preliminarily determined when loads F1, F2, F3 are added to the beam 12 is approximated by a quaternary polynomial  $y=ax^4+bx^3+cx^2+dx+e$  to determine a matrix K showing the relation of factors (a), (b), (c), (d) of each order of the loads F1, F2, F3. The inverse matrix K' of a partial matrix for determining each factor (a), (b), (c) is calculated, the deformation quantity of the beam 12 is determined by measuring the deformation quantity when the known loads F1, F2, F3 are added to an actual cartridge, and the factors (a), (b), (c) in a quaternary polynomial  $h=ax^4+bx^3+cx^2+dx+e$  of element height calculated in lapping are multiplied by K', whereby the loads F1, F2, F3 for deforming the beam 12 in that form can be determined.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-863

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) IntCl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 2 4 B 49/10

B 2 4 B 49/10

37/00

37/00

B

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-154692

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月12日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 馬場 敏之

埼玉県熊谷市三ヶ尻6010番地 日立金属株

式会社生産システム研究所内

(72) 発明者 鈴木 和生

栃木県真岡市松山町18番地 日立金属株式

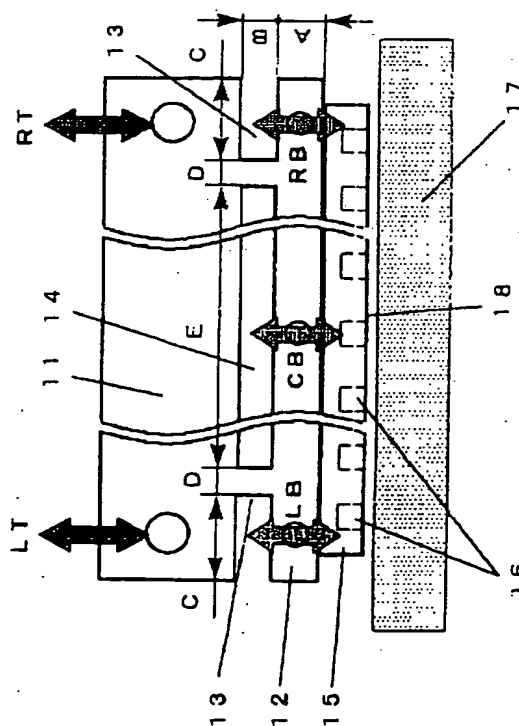
会社電子部品工場内

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッドの加工制御方法

(57) 【要約】

【課題】 複数の磁気ヘッドが一列に並んだ状態であるバーを取り付け、磁気ヘッドの素子高さを計測算出して素子高さを加工する磁気ヘッドの加工制御方法において、目標値に対する素子高さのばらつきを小さくして精度良く加工する方法を提供する。

【解決手段】 バーの取り付け部に作用させる荷重と変形を表す数次多項中の係数の関係式を求めておき、加工中に計測された複数の素子高さをもとに算出した数次多項式に対し、前記関係式を用いて素子高さが所定範囲内になるようにバーの矯正荷重を求めて加工する。この時、全ての素子の加工開始までは実際の曲がり形状と合致しない数次多項式中の係数を無視して矯正荷重を求め、また全ての素子の加工開始後で数次多項式の係数を全て用いて矯正荷重を求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の磁気ヘッドが一行に並んだ状態であるバーを加工治具に取り付け、磁気ヘッドの素子高さを計測算出して各磁気ヘッドの素子高さを所定寸法になるように加工する磁気ヘッドの加工制御方法において、バーを取り付けた梁材に作用させる荷重に対しその変形を数次多項式化し、荷重と数次多項式中の係数の関係を行列式で求め、これから梁材の曲がり形状を示す係数に対する部分行列の逆行列を求めておき、加工中に計測算出された複数の素子高さをもとに算出した数次多項式のうち、曲がり形状を示す係数を前記逆行列と掛けることで曲がりを矯正する荷重を算出するとともに、傾きを示す係数の和をもとに傾きを矯正する荷重を算出して、その荷重を加工治具に作用させて加工する磁気ヘッドの加工制御方法であって、

全ての素子が加工開始されるまでは、実際の曲がり形状と合致しない多項式中の係数は無視して曲がり矯正荷重を求めてその荷重を加工治具に作用させ、全ての素子が加工開始された後に、全ての多項式の係数を考慮した曲がり矯正荷重を求めてその荷重を加工治具に作用させることを特徴とする磁気ヘッドの加工制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、コンピュータのハードディスクドライブに使用する磁気ヘッドのスライダ加工工程において、ラップ加工によって素子高さの加工量を精密に制御する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 インダクティブ型薄膜ヘッドあるいはMRヘッドなど電磁変換素子が薄膜で形成される磁気ヘッドでは、スロートハイト (Throat Height) あるいはMR素子高さと呼ばれる電磁変換素子の高さ寸法が磁気ヘッドの特性の上で重要な寸法である。通常それらの寸法出しは磁気ヘッドの浮上面 (Air Bearing Surface, 以下ABS面と称す) をラップ加工することで行われており、高い加工精度が要求される工程である。これらの磁気ヘッドの素子はセラミックの基盤上に磁性材や絶縁材の薄膜を積層することで形成され、1枚の基盤上に多数個の素子を作ることができる。基盤上に素子を形成した状態をウェハーと呼ぶ。加工工程では複数個の磁気ヘッドを一度に加工して生産能率を上げるために、磁気ヘッドが一行に複数個並んだバー (以下ローと呼ぶ) をウェハーから切り出して、そのローの状態で行うのが一般的である。しかしウェハーからローを切り出す時に発生する加工歪みや、ローをラップ治具へ接着する時の加圧むらなどにより、ローに反り (以下ローボーと呼ぶ) が生じ、これがラップ加工後の素子高さ寸法ばらつきの原因となる。

【0003】 そこで、基盤上に素子を成膜する時にELG (Electrical Lapping Guide) と呼ばれる抵抗体を

素子に対して一定位置に形成しておき、ローのABS面のラップを行いながらELGの抵抗値あるいはMR素子自体の抵抗値を測定し、その結果に基づいた荷重の制御によりローを保持している治具を変形させ、ローボーを矯正しながら所定の素子高さまで加工を行う方法が用いられる。

【0004】 この方法で使用されるラップ装置の従来例として特公平7-112672がある。この従来例の原理を図7と図8により説明する。

【0005】 図7はラップ装置全体構成図である。ロー15は保治具51に接着されており、定盤17上でABS面18がラップされる。この従来例では加工量の制御にロー15の両端に形成されたELG52、53の抵抗値とMR素子54の抵抗値を用いている。ABS面18がラップされるとELG52、53とMR素子54の高さが小さくなるため、それらの抵抗値が徐々に高くなる。すなわちELG52、53とMR素子54の抵抗値はMR素子高さを表す。そこで制御装置55はラップ加工中にデジタルオームメータ56でELG52、53と複数個のMR素子54の抵抗値を測定し、得られた抵抗値からローボーの状態求め、これに基づいてアクチュエータ57、58、59が保治具51にかける荷重を制御する。

【0006】 図8はこの従来例における保治具51の形状である。保持具51にはH型スロット61が設けられており、これにより両端支持の梁材62が形成されている。ロー15は梁材62の下面63に接着されている。さらにH型スロット61の形状寸法F、G、H、Iは、アクチュエータ58が押し棒64を介して梁材62の中央部を押したとき、梁材62のたわみ曲線が2次多項式となるように設計されている。アクチュエータ57、58、59が梁材62にかける荷重はELG52、53とMR素子54の抵抗値から求められたローボーの平衡度と湾曲度に基づいて制御される。アクチュエータ57、58、59の荷重をそれぞれPL、PC、PRとすると、平衡度に関してロー15の図面に向かって右側の加工量が足りない場合には $PL < PR$ 、左側の加工量が足りない場合には $PL > PR$ となるように制御される。また湾曲度に関してロー15の中央部の加工量が足りない場合には $PC > PL$ 、PR、両端の加工量が足りない場合には $PC < PL$ 、PRとなるように制御される。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記の従来例では、梁材62のたわみ曲線が2次多項式で近似できるようにH型スロット形状を設計しておき、ロー15の平衡度と湾曲度に基づいて保治具51に加える荷重を制御している。しかし保治具51へロー15を接着した後、あるいはロー15をラップ加工している最中のローボー形状は必ずしも2次多項式になるとは限らず、荷重制御によって変形させた梁材62の形状と実際のロー15の形状の

差が加工後の素子高さバラツキの原因となる。今後さらに厳しくなるMR素子高さの公差に対して加工合格率を向上させるには、ローの形状により近い変形の制御が必要となる。本発明は、素子高さの電氣的測定機能を有するラップ装置を用いたラップ方法において、ローの変形を数次多項式の形状となるような荷重の制御方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、複数の磁気ヘッドが一列に並んだ状態であるバーを加工治具に取り付け、磁気ヘッドの素子高さを計測算出して各磁気ヘッドの素子高さを所定寸法になるように加工する磁気ヘッドの加工制御方法において、バーを取り付けた梁材に作用させる荷重に対しその変形を数次多項式化し、荷重と数次多項式中の係数の関係を行列式で求め、これから梁材の曲がり形状を示す係数に対する部分行列の逆行列を求めておき、加工中に計測算出された複数の素子高さをもとに算出した数次多項式のうち、曲がり形状を示す係数を前記逆行列と掛けることで曲がりを矯正する荷重を算出するとともに、傾きを示す係数の和をもとに傾きを矯正する荷重を算出して、その荷重を加工治具に作用させて加工する磁気ヘッドの加工制御方法であって、全ての素子が加工開始されるまでは、実際の曲がり形状と合致しない多項式中の係数は無視して曲がり矯正荷重を求めてその荷重を加工治具に作用させ、全ての素子が加工開始された後に、全ての多項式の係数を考慮した曲がり矯正荷重を求めてその荷重を加工治具に作用させることを特徴としている。望ましくは、バーは中間を2点支持され両端部と中央部に荷重作用点を有する梁材に取り付けられており、数次多項式を4次多項式とすると良い。この時、加工の初期段階でバーの中央から加工が始まった場合にはバー両端の加工が始まるまで4次の係数を無視し、あるいは加工の初期段階でバーの両端から加工が始まった場合にはバー中央の加工が始まるまで2次の係数を無視して上記の逆行列を使って曲がり矯正荷重を求めることで、より早くバーの曲がりを矯正することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】図1はカートリッジにローが接着された状態を表す図である。本カートリッジ11は、左右両側に設けられた切り欠き13と長方形のスロット14によって2点支持された梁材12が形成されている構造のものを用いている。梁材12にはロー15が接着されており、ロー15の浮上面18は定盤17によってラップ加工される。ここで、梁材12と切り欠き13および長方形スロット14の寸法A、B、C、D、Eは、梁材12の3ヶ所に荷重LB、CB、RBをかけたときの変形形状が4次多項式で近似できるように設計されている。カートリッジ11には5ヶ所に荷重をかけることができる。LB、CB、RBは梁材12にかかる荷重であ

り、ロー15の曲がり形状の矯正を行う。またLT、RTはロー15全体に対してラップ加工のための荷重を与えると同時に、左右の荷重バランスを変えることでロー15の傾きも矯正する。

【0010】ロー15は素子成膜時に形成された複数のELG16を有する。ELG16は素子に対して高さ方向で一定位置に形成されているので、その抵抗値は素子高さを表す。本発明ではラップ加工中に測定したELG16の抵抗値に基づいて荷重LB、CB、RB、LT、RTの制御を行う。ここで、ロー15がMRヘッドの場合にはELG16の抵抗値の代わりにMR素子自体の抵抗値を使用することも可能である。

【0011】図2は本発明を用いたラップ装置の荷重制御に関する構成図である。定盤17でロー15のラップ加工を行いながら、制御装置22はマルチチャンネルのデジタルオームメータ21によってELG16の抵抗値 $R_i$ を測定する。ここで $i$ は $i$ 番目のELGを意味する添字である。つぎに制御装置は各 $R_i$ に対応した素子高さ $h_i$ を順次算出して、素子高さを連ねた線を4次多項式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ で近似する。ここで $x$ 軸は梁材12にロー15が接着されている部分の長手方向の座標である。そしてロー15の中の素子高さを揃えるために、この4次多項式の曲がり形状が直線に矯正される方向に荷重LB、CB、RBをかけて梁材12を変形させ、かつ傾きが0になるように荷重LT、RTを制御する。

【0012】次に図3と図4をもとに、前記算出した4次多項式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ から、曲がり形状を直線形状に矯正するような荷重LB、CB、RBを求める方法を説明する。図3は梁材12を4次多項式の形状で曲げるための荷重を算出する方法を示す図である。まず予め、梁材12に荷重F1、F2、F3をかけたときの梁材12の変形量 $y$ を構造解析の変形シミュレーションで求め、その変形を4次多項式 $y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ で近似して荷重F1、F2、F3と各次数の係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ の関係を表す行列 $K$ を求める。ここで、梁材12の曲がり形状を表しているのは4次、3次、2次の係数であるから、各係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ を決定する部分行列の逆行列 $K'$ を計算しておく。ここで梁材12の変形量を求める手段として、変形シミュレーションを使用する代わりに、実物のカートリッジに既知の荷重F1、F2、F3をかけて、その時の変形量を電気マイクロ等で実測する方法も使用可能である。これにより、ラップ加工中に算出される素子高さの4次近似式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ の中の曲がり形状を表す係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ に、前記の $K'$ を掛けることで、梁材12をその形状で変形させるための荷重F1、F2、F3を求めることができる。

【0013】図4は図3に示した荷重の算出方法を実際のラップ荷重制御に適用する場合の荷重制御例のプロッ

10

20

30

40

50

ク図である。ラップ加工のための荷重 $L_T$ 、 $R_T$ はラップ荷重 $F_L$ にロー12の傾き矯正荷重 $F_r$ を補正して求める。ここで、 $F_L$ はロー12の加工に適した所定の荷重を用いるが、 $F_r$ は素子高さの4次近似式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ の3次と1次の係数 $b$ 、 $d$ による比例制御により求める。すなわち、3次形状 $h = bx^3$ の傾き成分 $b'$ を最小自乗法で求め、 $b'$ と1次項の係数 $d$ との和に適当な比例定数 $G_r$ をかけて $F_r$ を算出する。

【0014】ラップ加工中のロー12の曲がり形状の矯正については、全ての素子の高さが等しくなる荷重方向、すなわち素子高さの4次近似式の4次、3次、2次の係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ がすべて0になる荷重方向に係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ に基づく矯正荷重 $L_B$ 、 $C_B$ 、 $R_B$ を積分制御する。係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ に上記の逆行列 $K'$ を掛けて求めた荷重 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ に適当な定数 $G_B$ をかけて求めた矯正荷重 $L_B$ 、 $C_B$ 、 $R_B$ を徐々に調整していき、4次、3次、2次の係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ がすべて0になったときには、そのときの荷重 $L_B$ 、 $C_B$ 、 $R_B$ を保持する。

【0015】ところで、加工前のロー15の曲がり形状はロー15中央部が定盤17に対して凸または凹となっているものが多い。図5は加工前のロー15中央部が定盤17に対して凸の場合を示す。図5(a)に示すように、ロー15の中央付近から定盤17に当たり始めるため、加工初期段階ではロー中央付近から加工が始める。このときの素子高さをプロットすると図5(b)に示すようになり、まだ定盤17と当たっていないロー15の両端部では初期高さ $H_0$ のままであるのに対し、ロー15の中央付近では初期高さ $H_0$ より小さくなっている。ここで $x$ 軸はロー15の長手方向位置を表し、ロー15の中央が原点0である。このような状態の素子高さを4次多項式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ で近似すると、その係数の符号は、4次係数 $a < 0$ であり2次係数 $c > 0$ となる。2次係数 $c > 0$ は実際のロー15の曲がり形状と同じく定盤17に対して凸であることを表しているが、4次係数 $a < 0$ は実際のロー15の曲がり形状とは反対に定盤17に対して凹であることを表している。従って、この4次係数 $a$ から算出される荷重分は曲がりを矯正する方向とは逆向きに作用することになり、望ましい矯正荷重が得られない。そこで、加工初期段階で上述したような素子高さ状態を呈するものに対しては、両端の素子高さが $H_0$ より小さくなるまでは4次係数 $a$ を無視して曲がり矯正荷重を算出するようにする。これにより、逆方向に荷重をかけることなくロー15の曲がりを効率的に矯正することが可能となる。

【0016】一方、図6は加工前のロー15中央部が定盤17に対して凹の場合を示す。図6(a)に示すように、ロー15の両端から定盤17に当たり始めるため、加工初期段階ではロー両端から加工が始まる。このときの素子高さをプロットすると図6(b)に示すようにな

る。素子高さは、まだ定盤17と当たっていないロー15の中央付近で初期高さ $H_0$ のままであるのに対し、ロー15の両端部では初期高さ $H_0$ より小さくなっている。この素子高さを4次多項式 $h = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$ で近似すると、その係数の符号は、4次係数 $a < 0$ であり2次係数 $c > 0$ となる。4次係数 $a < 0$ は実際のロー15の曲がり形状と同じく定盤17に対して凹であることを表しているが、2次係数 $c > 0$ は、実際のロー15の形状とは反対に定盤17に対して凸であることを表している。従って上述したと同様に、この2次係数 $c$ から算出される荷重分は曲がりを矯正する方向とは逆向きに作用することになり、望ましい矯正荷重が得られない。そこで前記したと同様に、加工初期段階で上述したような素子高さ状態を呈するものに対しては、中央付近の素子高さが $H_0$ より小さくなるまでは2次係数 $c$ を無視して曲がり矯正荷重を算出するようにする。これにより、逆方向に荷重をかけることなくロー15の曲がりを効率的に矯正することが可能となる。即ち、全ての素子が加工開始されるまでは、実際の曲がり形状と合致しない4次多項式の係数は無視して曲がり矯正荷重 $L_B$ 、 $C_B$ 、 $R_B$ を求めて効率的に加工をすすめ、全ての素子が加工開始された後に、全ての4次多項式の係数を考慮した曲がり矯正荷重 $L_B$ 、 $C_B$ 、 $R_B$ を求めて精度良く加工するのである。

【0017】なお、ローの変形を4次近似で説明したが、これは用いたカートリッジの梁形状及び梁を変形させるための荷重点から規制されるものであり、カートリッジの梁形状を3点支持及び荷重点を4点とする等自由度を増せば、これにあわせて本発明の思想をもとにローの変形近似次数を増やすことができる。また、同様にして合理的な曲がり矯正荷重を求めることができる。

【0018】

【発明の効果】以上の制御方法を用いることにより、ローに掲載された磁気ヘッドの素子高さを、ローが曲がっていても効率よく、かつ高精度にラップ加工をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するためのカートリッジにローが接着された状態を表す図

【図2】本発明を説明するためのラップ装置の荷重制御に関する構成図

【図3】本発明を説明するための4次多項式から矯正荷重を求める方法を示す図

【図4】本発明を説明するための荷重制御例のブロック図

【図5】加工前のローの反りが定盤に対して凸の場合の素子高さを示す図

【図6】加工前のローの反りが定盤に対して凹の場合の素子高さを示す図

【図7】従来例のローの反りを修正する機能を有するラ

# ツブ装置の概念図

【図6】 上記従来例で使用するローの保治具の形状図

【符号の説明】

11 カートリッジ

12 梁材

13 切り欠き

14 スロット

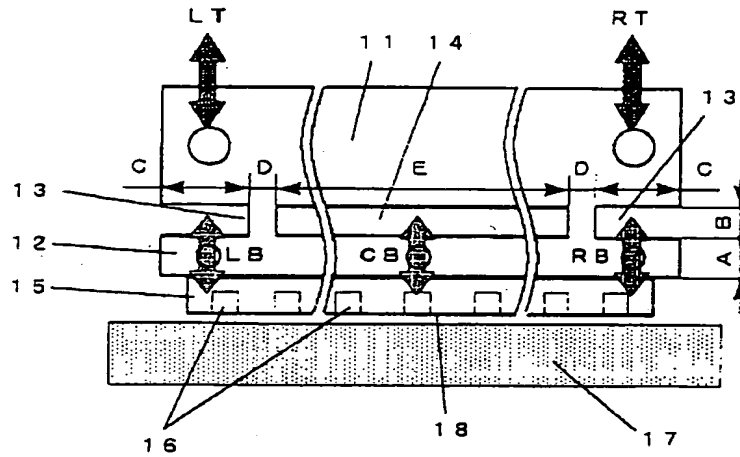
15 ロー

16 ELG

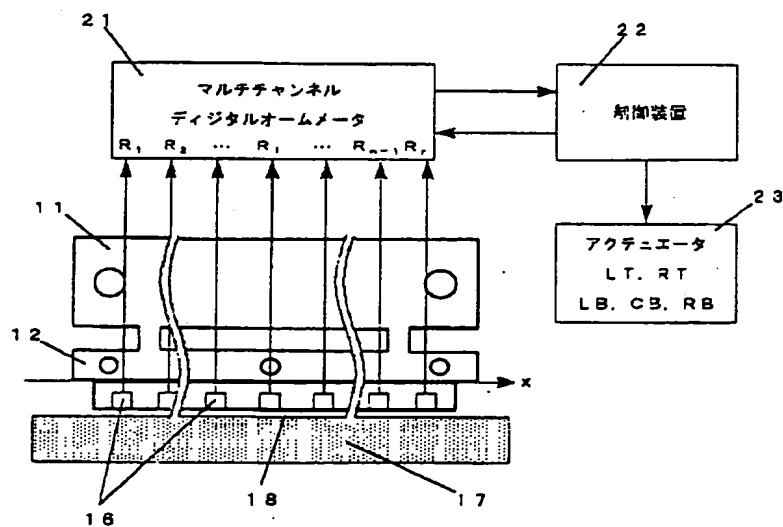
17 定盤

18 ABS面

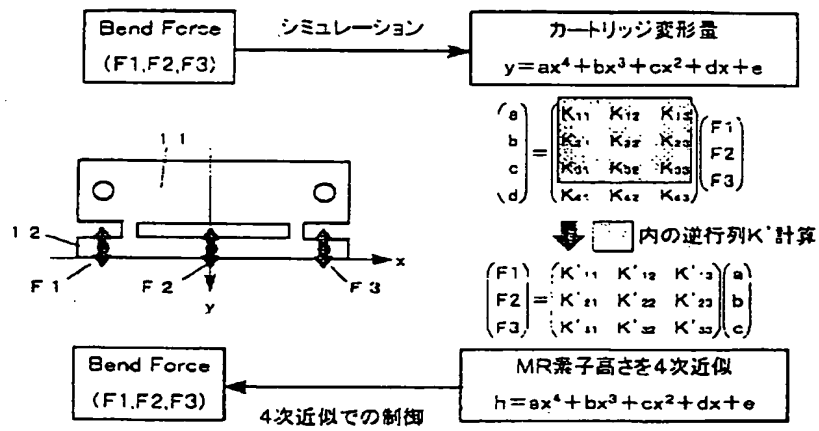
【図1】



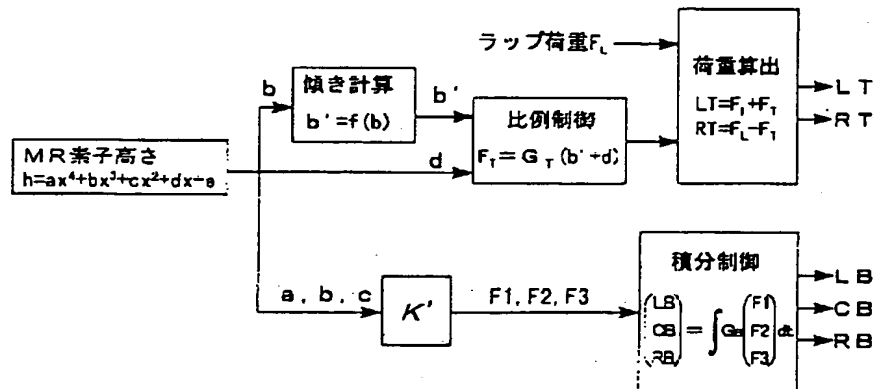
【図2】



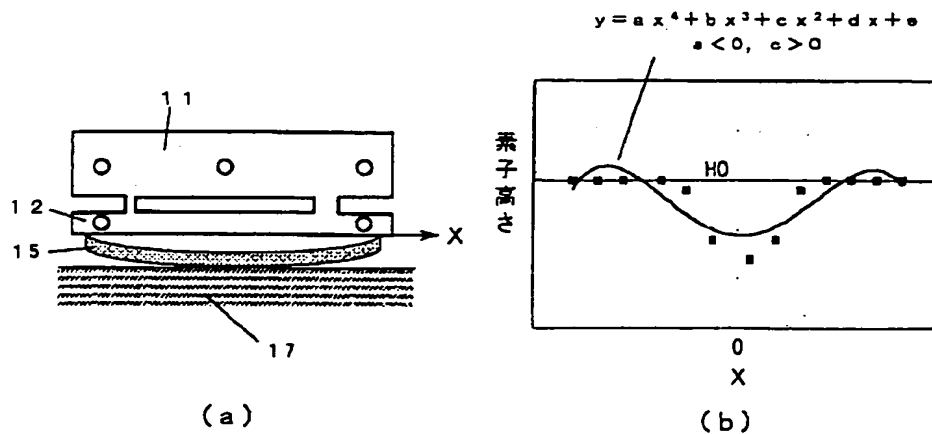
【図3】



【図4】

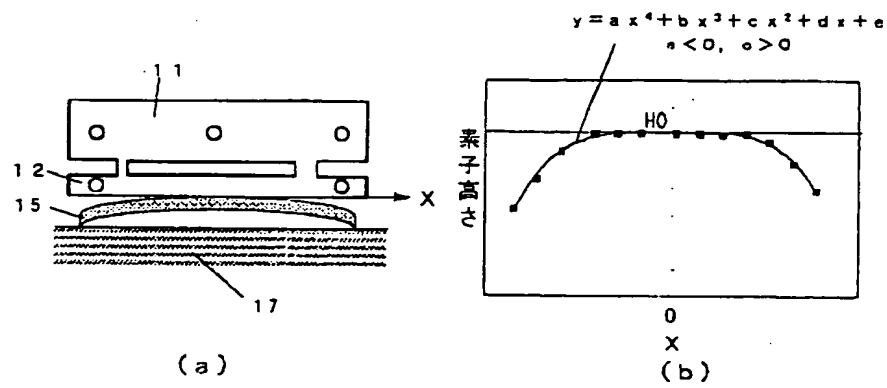


【図5】

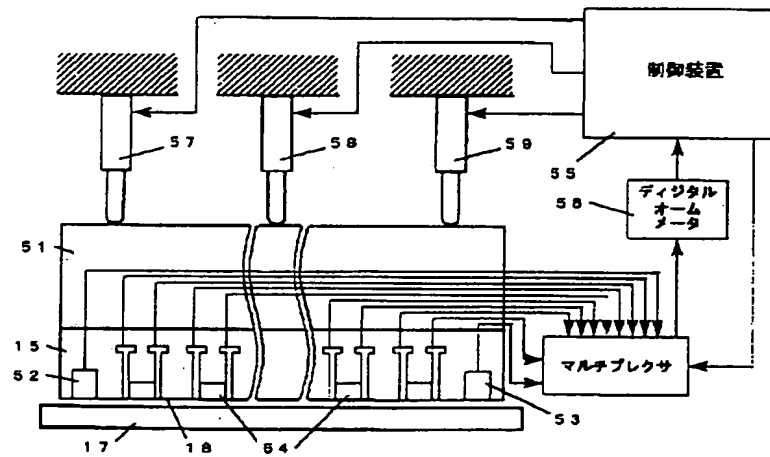




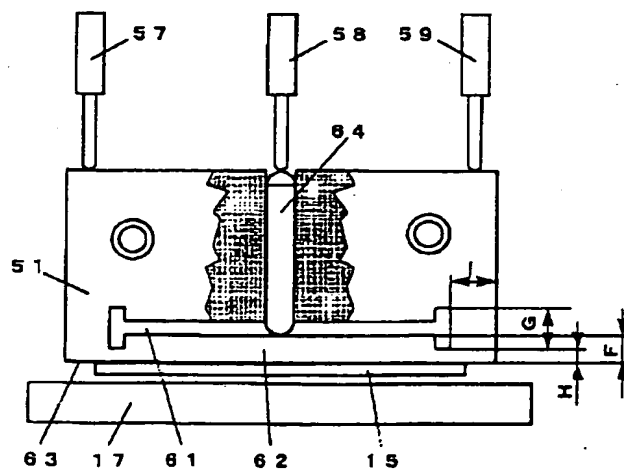
【図6】



【図7】



【図8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成9年9月18日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を説明するためのカートリッジにローが  
接着された状態を表す図

【図2】本発明を説明するためのラップ装置の荷重制御  
に関する構成図

【図3】本発明を説明するための4次多項式から矯正荷  
重を求める方法を示す図

【図4】本発明を説明するための荷重制御例のブロック  
図

【図5】加工前のローの反りが定盤に対して凸の場合の

素子高さを示す図

【図6】加工前のローの反りが定盤に対して凹の場合の  
素子高さを示す図

【図7】従来例のローの反りを修正する機能を有するラ  
ップ装置の概念図

【図8】上記従来例で使用されるローの保治具の形状図  
【符号の説明】

11 カートリッジ

12 梁材

13 切り欠き

14 スロット

15 ロー

16 ELG

17 定盤

18 ABS面